

## 科研动态

现在位置: [首页](#) > [新闻动态](#) > [科研动态](#)

上海硅酸盐所人工晶体中心...  
 上海硅酸盐所硅酸钇镧内炼...  
 上海硅酸盐所承办第97期交...  
 上海硅酸盐所举办第四期“...  
 npj Computational Materi...  
 上海硅酸盐所在新型铯铝石...  
 上海硅酸盐所举办第三期“...  
 上海硅酸盐所召开国家重点...  
 乌克兰科学院晶体所Roman...  
 上海硅酸盐所人工晶体中心...  
 上海硅酸盐所举办第二期“...  
 中国科学院无机功能材料与...  
 中国科学院无机功能材料与...  
 上海硅酸盐所在有机电极材...  
 上海硅酸盐所科研人员参加...

## 上海硅酸盐所成功研制出新型大尺寸有序结构无机纳米绳及其柔性耐火织物

2018-01-19 16:20:27 | 【小中大】 【打印】 【关闭】

众所周知,坚硬的矿石和柔软的织物是两类完全不同的物品,很难想象能将二者联系在一起。无机非金属材料通常脆性高,要使其具有高柔韧性是一个很大的挑战。此外,无机纳米纤维由于尺寸小,容易团聚,就好像一团乱麻,很难将其编织成高度有序的结构。最近,中国科学院上海硅酸盐研究所朱英杰研究员带领的科研团队发明了一种高柔韧性羟基磷灰石超长纳米线长程有序自组装的新方法,实现了羟基磷灰石超长纳米线从纳米尺度到微米尺度再到宏观尺度的连续快速自组装,成功地研发出新型大尺寸有序结构无机纳米绳及其柔性耐火织物,并可实现自动化快速制备。此外,该团队还实现了长径比可达10000的羟基磷灰石超长纳米线的大体积(5000毫升)实验室放大制备。相关研究工作发表在《美国化学会-纳米》(I.F. = 13.334) (Feng Chen, Ying-Jie Zhu, *ACS Nano*, 10, 11483–11495 (2016)),并申请了一项发明专利。论文发表后不久,2016年12月14日英国 Nanotechweb 以“Hydroxyapatite nanowires for fireproof textiles”为题对该研究工作做了报道 (<http://nanotechweb.org/cws/article/tech/67275>)。

研究团队发明的方法非常简单,只需将预先制备好的羟基磷灰石超长纳米线浆料用注射器注入到乙醇中,其余制备过程完全由“自组装”快速自动完成。该方法的突出优点是简便、快速、可控性好、环境友好、易于批量制备,可有效解决羟基磷灰石超长纳米线容易团聚的难题。所制备纳米绳的有序方向可以通过注射针头的移动方向进行控制;纳米绳的直径可由注射针头的尺寸进行控制;纳米绳的长度可以通过羟基磷灰石超长纳米线浆料的供给量进行控制,理论上可以达到任意长度。利用上述可控自组装的策略,可以进一步通过控制羟基磷灰石超长纳米线有序自组装的方向,像纺织植物纤维一样织造出各种各样的有序结构柔性耐火产品,包括纱布状柔性耐火织物、无纺布状柔性耐火织物、3-D打印特定形状产品等。区别于传统的高脆性羟基磷灰石材料,由羟基磷灰石超长纳米线制备而成的纳米绳及其织物具有高柔韧性,能经受住任意弯曲折叠甚至锤击等破坏性考验。另外,与传统的无机非金属材料如石棉和硅酸铝纤维等相比,羟基磷灰石具有更高的生物安全性,环境友好,不会造成环境污染和危害人体健康。此外,新型纳米绳和柔性耐火织物还具有良好的隔热、耐高温、耐火阻燃等性能,有望应用于新型耐火阻燃纺织品,例如制作防火衣服等,还可用于防火隔离材料、隔热保温材料、特种医用纱布、皮肤创伤敷料、骨裂包扎固定、骨缺损修复等,在多个领域具有良好的应用前景。

羟基磷灰石是一种天然矿物,也是脊椎动物骨骼和牙齿的主要无机成分,具有优良生物相容性,环境友好,耐高温,不燃烧,在生物医学等领域具有广泛的用途。脊椎动物的牙釉质和骨骼是由高度有序的羟基磷灰石晶体构成的,但是这一体内生物矿化过程非常缓慢,通常需要很多年,因此模仿牙釉质和骨的生长过程是一个巨大的挑战。近年来,研究者采用有机分子、模板或衬底等辅助手段合成羟基磷灰石有序结构材料,但这些合成方法具有一定的局限性,例如,所得到的羟基磷灰石有序结构的尺寸较小,而且去除硬模板或衬底容易造成有序结构的破坏。由于制备上的困难,大尺寸高度有序结构羟基磷灰石仿生材料很少有报道。近年来,朱英杰团队在羟基磷灰石有序结构材料研究中开展了大量探索工作,例如成功制备出羟基磷灰石纳米线/纳米管有序阵列仿生材料 (Feng Chen, Ying-Jie Zhu et al., *CrystEngComm*, 13 (6), 1858–1863 (2011)); 合成出模仿牙釉质结构的接近厘米级大尺寸羟基磷灰石微米管有序阵列材料 (Bing-Qiang Lu, Ying-Jie Zhu et al., *Chemistry-A European Journal*, 20, 7116–7121 (2014))。该研究工作是高度有序结构羟基磷灰石仿生材料研究取得的又一重要进展。

具有高柔韧性的羟基磷灰石超长纳米线是新型无机耐火纸的重要制造原料,在此之前,该团队开展了高柔韧性羟基磷灰石超长纳米线的制备方法探索研究,成功地制备出长度接近1000微米的高柔韧性羟基磷灰石超长纳米线 (Ying-Ying Jiang, Ying-Jie Zhu et al., *Ceramics International*, 41, 6098–6102 (2015); Yong-Gang Zhang, Ying-Jie Zhu et al., *Materials Letters*, 144, 135–137 (2015))。该研究工作是新型无机耐火纸的系列研究工作之一,是该科研团队在成功研发出新型高柔韧性羟基磷灰石超长纳米线耐火纸 (B. Q. Lu, Y. J. Zhu et al., *Chemistry-A European Journal*, 20, 1242–1246 (2014))、新型高效抗菌羟基磷灰石超长纳米线耐火纸 (Z. C. Xiong, Y. J. Zhu et al., *Chemistry-A European Journal*, 22, 11224–11231 (2016))、入选前封面论文和热点论文)、以及新型羟基磷灰石超长纳米线防水耐火纸 (F. F. Chen, Y. J. Zhu, et al., *ACS Applied Materials & Interfaces*, 8, 34715–34724 (2016)) 之后取得的又一个新的重要研究进展。目前,该研究团队正在重点开展新

型无机耐火纸的应用探索，主要研究工作包括特种无机耐火纸、耐高温标签纸、隔热阻燃纸、耐火书法绘画纸、功能化耐火纸、高效吸附过滤纸、生物医用纸等。

相关研究工作得到国家自然科学基金、上海市科委、中科院上海硅酸盐研究所创新重点项目等资助。

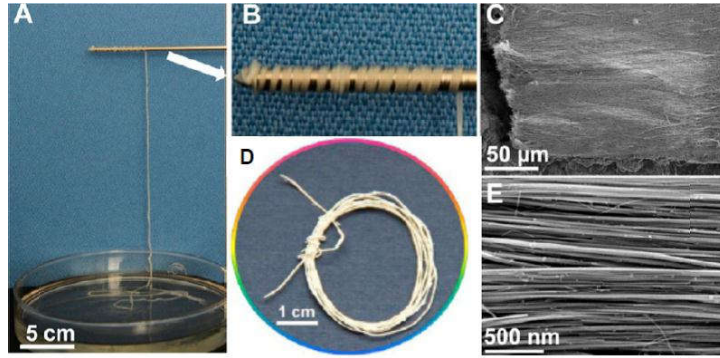


图1. 所制备的新型羟基磷灰石超长纳米线大尺寸有序结构柔性耐火纳米绳

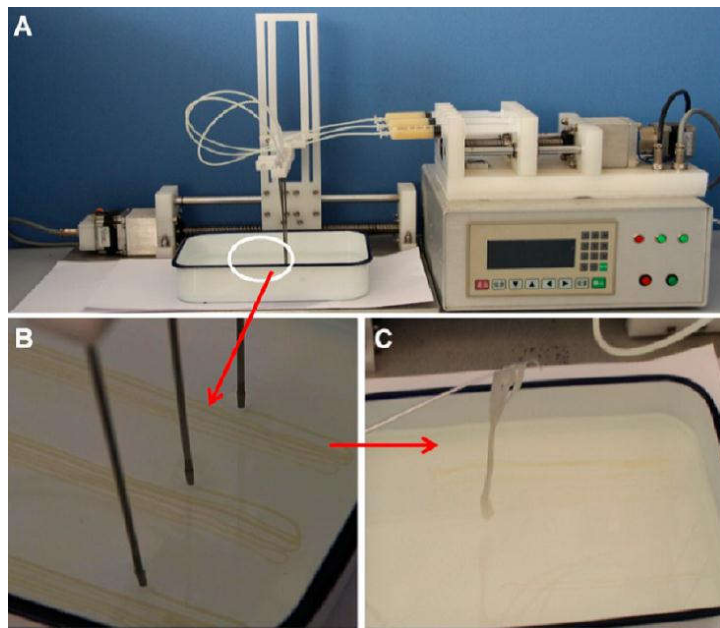


图2. 可实现羟基磷灰石超长纳米线大尺寸有序结构柔性耐火纳米绳的自动化快速制备



图3. 所制备的羟基磷灰石超长纳米线有序结构柔性耐火纳米绳具有良好的力学性能，可以承受较大重物

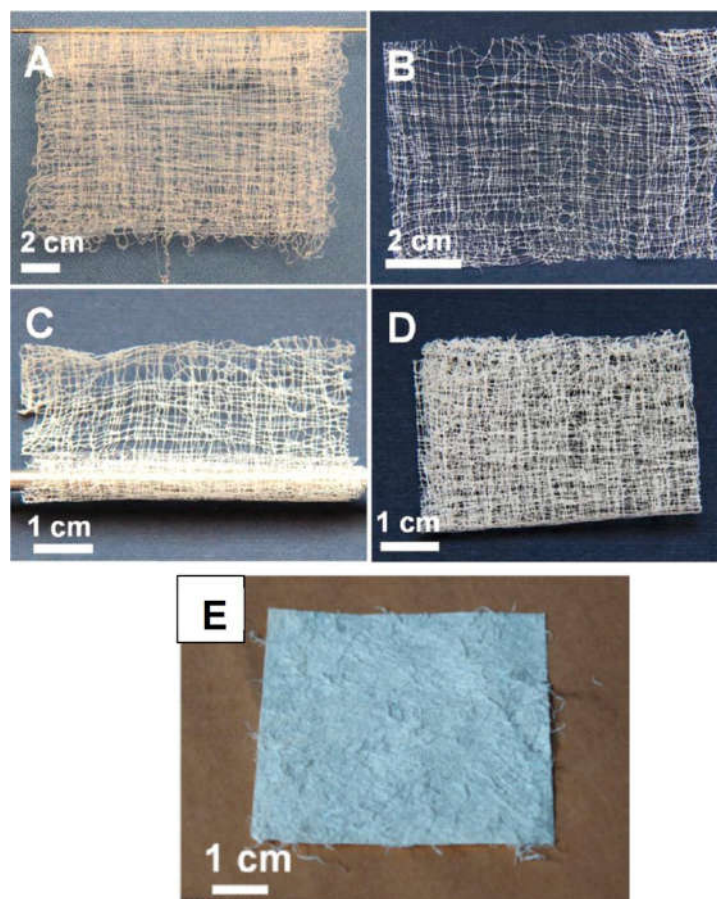


图4. 所制备的羟基磷灰石超长纳米线柔性耐火织物



图5. 普通织物（左）和羟基磷灰石超长纳米线柔性耐火织物（右，中间层）的阻燃效果。普通织物快速燃烧殃及下层鲜花；而羟基磷灰石超长纳米线柔性耐火织物不燃烧且阻燃，并具有良好的隔热性能，可以很好地保护下层鲜花。